



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 426 995 A2**

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 90119297.1

Int. Cl.<sup>5</sup>: **B60G 17/033**

Anmeldetag: 09.10.90

Priorität: 07.11.89 DE 3936987  
06.02.90 DE 4003493

Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
15.05.91 Patentblatt 91/20

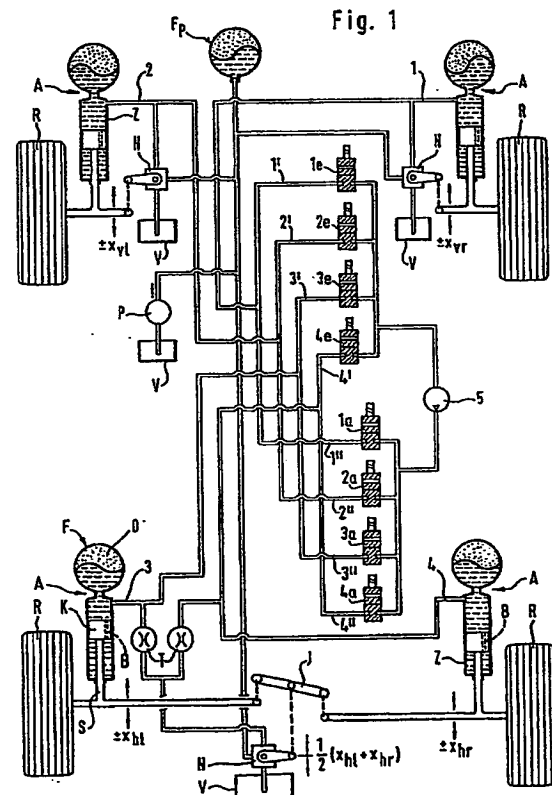
Benannte Vertragsstaaten:  
DE FR GB IT

Anmelder: **MERCEDES BENZ AG**  
Mercedesstrasse 137  
W-7000 Stuttgart 60(DE)

Erfinder: Karnopp, Dean C., Prof. Dr.  
1217 Stanford Place  
95616 Davis, California(US)  
Erfinder: Sahm, Dietrich, Dr.-Ing.  
Ströbling 30  
W-7432 Bad Urach(DE)  
Erfinder: Klinkner, Walter  
Erdbeerweg 6  
W-7000 Stuttgart 75(DE)  
Erfinder: Scarpatetti von, Dieter  
Schurwaldstrasse 36  
W-7300 Esslingen(DE)

**Hydropneumatisches Federungssystem.**

Zwischen den hydropneumatischen Abstützaggregaten (A) ist ein aktives Bypass- und Fördersystem (1 bis 4, 6, 7, 61 bis 64, 71 bis 74) angeordnet, mit dem Hydraulikmedium zwischen Abstützaggregaten verschiedener Achsen bzw. Seiten des Fahrzeuges unter Umgehung eines Reservoirs (V) verschoben werden kann, um Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegenzuwirken.



EP 0 426 995 A2

## HYDROPNEUMATISCHES FEDERUNGSSYSTEM

Die Erfindung betrifft ein hydropneumatisches Federungssystem für Kraftfahrzeuge mit den Fahrzeugrädern zugeordneten hydropneumatischen Abstützaggregaten und einer damit zusammenwirkenden Niveauregulierung mit Niveausteuerventilen, über die die Abstützaggregate in Abhängigkeit von der Hubstellung der Räder zur Aufnahme von Hydraulikmedium mit einer hydraulischen Druckquelle bzw. zur Ableitung von Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten mit einem Reservoir verbindbar sind.

Fahrzeuge mit derartigen Federungssystemen sind beispielsweise aus der DE-A 29 23 357 bekannt und zeichnen sich durch einen hohen Federungskomfort aus.

Ein grundsätzlicher Nachteil dieses bekannten Federungssystems besteht darin, daß für die Niveauregulierung Energie zur Verfügung gestellt werden muß, wobei das Hydraulikmedium, welches jeweils in ein Abstützaggregat eingeleitet wird, einem Hochdruckspeicher entnommen wird, dessen Druck höher sein muß als der höchste Druck, welcher in einem der Abstützaggregate jeweils auftreten kann. Die dafür notwendige Energie wird dem Fahrtrieb des Kraftfahrzeuges entnommen und einer entsprechenden Hydraulikpumpe zugeführt, welche den Hochdruckspeicher unter Entnahme vom Hydraulikmedium aus einem nur geringen Druck aufweisenden Reservoir nachlädt. Diese Energie geht bei einer nachfolgenden Niveauabsenkung, bei der Hydraulikmedium aus einem Abstützaggregat in das Reservoir abgeführt wird, ungenutzt verloren.

Der Energiebedarf für die Niveauregulierung kann insbesondere dann unerwünscht groß werden, wenn Nick- oder Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus entgegengewirkt werden soll. Beim Auftreten von Nickbewegungen beispielsweise, d.h. wenn der Fahrzeugaufbau sich bezüglich seiner horizontalen Querachse zu drehen sucht, werden jeweils die Abstützaggregate einer Achse (beispielsweise der Vorderachse) mit dem Hochdruckspeicher verbunden, während die Abstützaggregate der anderen Achse (z.B. Hinterachse) an das Reservoir angeschlossen werden, um ein dem jeweiligen Nickmoment entgegenwirkendes Moment erzeugen zu können. Ähnliches gilt beim Ausgleich eines auf den Fahrzeugaufbau einwirkenden Wankmomentes, welches den Fahrzeugaufbau bezüglich seiner horizontalen Längsachse zu drehen sucht. Hier werden die Abstützaggregate einer Fahrzeugseite mit dem Hochdruckspeicher und die Abstützaggregate der anderen Fahrzeugseite mit dem Reservoir verbunden. Im letzteren Falle ist gemäß der DE-OS 29 23 357 der Energiebedarf sogar besonders hoch, weil

eine zusätzliche Abstützsteuerung wirksam wird, welche im allgemeinen bewirkt, daß zwischen den Abstützaggregaten der Hinterachse ein hydraulischer Druckausgleich vorgenommen wird. Dies bedeutet, daß die Abstützaggregate der Hinterachse zusätzlich direkt miteinander über eine Drosselleitung verbunden werden, während gleichzeitig das eine Abstützaggregat mit dem Hochdruckspeicher und das andere Abstützaggregat mit dem Reservoir verbunden bleibt. Auf diese Weise wird erreicht, daß Wankmomenten vorzugsweise über die Abstützaggregate der Vorderachse entgegengewirkt wird, um bei Kurvenfahrt ein gewünschtes Fahrverhalten zu erzwingen. Damit wird zwar die Fahrsicherheit erhöht, jedoch werden durch den über die Drosselleitung erfolgenden Druckausgleich zwischen den hinteren Abstützaggregaten zusätzliche Drosselverluste in Kauf genommen.

Im übrigen ist es bei hydropneumatischen Federungen bekannt, den Leistungsbedarf für die Niveauregulierung dadurch niedrig zu halten, daß Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus mit besonderen Maßnahmen entgegengewirkt wird, ohne den jeweils verstärkt belasteten Abstützaggregaten zusätzliches Hydraulikmedium aus dem Hochdruckspeicher zuführen zu müssen.

Um beispielsweise Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus trotz einer komfortablen und weichen Abstimmung des hydropneumatischen Federungssystems in Grenzen zu halten, können stark dimensionierte mechanische Querstabilisatoren angeordnet sein, welche einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegende Räder derart koppeln, daß beim Ein- bzw. Ausfedern eines Rades auch auf das jeweils gegenüberliegende Rad eine Kraft in gleicher Ein- bzw. Ausfederrichtung ausgeübt wird. Somit wird beim Einfedern eines Rades auch das Abstützaggregat des bezüglich der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden anderen Rades in Einfederrichtung beansprucht. Aufgrund dieser Wirkungsweise der Querstabilisatoren kann auch bei weicher Abstimmung des hydropneumatischen Federungssystems eine übermäßig starke Seitenneigung des Fahrzeugaufbaus bei schneller Kurvenfahrt in erwünschter Weise vermieden werden. Jedoch muß bezüglich der Bemessung der Querstabilisatoren ein Kompromiß eingegangen werden. Wenn nämlich die Querstabilisatoren sehr hart bemessen sind, wird zwar bei schneller Kurvenfahrt eine Seitenneigung des Fahrzeugaufbaus besonders wirksam eingeschränkt. Jedoch kann der Fahrkomfort bei schneller Geradeausfahrt auf schlechten Straßen dann erheblich beeinträchtigt werden, wenn Fahrbahnunebenheiten auf der einen Fahrzeugseite versetzt zu Fahrbahnuneben-

heiten auf der anderen Fahrzeugseite auftreten und dementsprechend jeweils ein Rad auf einer Fahrzeugseite auszufedern und das jeweils gegenüberliegende Rad auf der anderen Fahrzeugseite einzufedern sucht. Diesen gegenläufigen Federungshüben suchen nämlich die Querstabilisatoren entgegenzuwirken.

Um unerwünschte Nickbewegungen hydropneumatisch gefederter Fahrzeuge auch bei weicher Federabstimmung weitestgehend vermeiden zu können, können zusätzlich zu radweise an den Abstützaggregaten der Räder angeordneten Federspeichern achsweise angeordnete Zusatzfederspeicher angeordnet sein, welche mit Absperrventilen versehen sind und damit bei Bedarf schnell unwirksam geschaltet werden können. Solange die Zusatzfederspeicher wirksam sind, besitzen die Abstützaggregate einer Achse eine Federkennung mit geringer Progressivität, d.h. die jeweils erzeugten Abstützkkräfte steigen beim Einfedern vergleichsweise langsam an. Wenn dagegen die Zusatzfederspeicher unwirksam geschaltet werden, ergibt sich eine Federkennung mit steiler Progressivität, d.h. die Abstützaggregate setzen einem Einfederungshub einen mit dem Hubweg stark ansteigenden Widerstand entgegen. Die den Zusatzfederspeichern zugeordneten Umschaltventile können praktisch trägheitslos gesteuert werden, so daß sich die Progressivität der Federkennung an einer Fahrzeugachse entsprechend schnell verändern läßt. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, dem beim Bremsen oder Beschleunigen des Fahrzeuges auftretenden Nickmoment entgegenzuwirken, indem beispielsweise beim Bremsen die Zusatzfederspeicher der Vorderachse und beim Beschleunigen die Zusatzfederspeicher der Hinterachse unwirksam geschaltet werden, mit der Folge, daß die Federung der Vorderachse bzw. die Federung der Hinterachse versteift wird. Auf diese Weise können die Nickbewegungen des Fahrzeugaufbaus in erwünschter Weise begrenzt werden. Jedoch muß dabei jeweils eine achsweise Versteifung der Federung in Kauf genommen werden.

Aus der DE-B 36 04 068 ist ein hydropneumatisches Federungssystem bekannt, bei dem die pneumatischen Federspeicher jedes Aggregates je nach Hubstellung des zugeordneten Rades gegenüber dem Fahrzeugaufbau entweder mit der Druckseite eines Verdichters, welcher dabei saugseitig mit einem Niederdruckreservoir verbunden ist, bzw. mit dem Niederdruckreservoir verbunden werden.

Darüber hinaus ist es gemäß der DE-B 36 04 068 möglich, den Federspeicher eines Abstützaggregates eines Rades unmittelbar mit der Saugseite des Verdichters zu verbinden, wobei gleichzeitig die Verbindung zwischen der Saugseite und dem Niederdruckreservoir abgesperrt wird; gleichzeitig kann die Druckseite des Verdichters mit dem Fe-

derspeicher eines Abstützaggregates eines anderen Rades verbunden werden. Damit kann der Verdichter beispielsweise Pneumatikmedium unmittelbar von einem Federspeicher eines Abstützaggregates auf der einen Fahrzeugseite zu einem Federspeicher eines Abstützaggregates auf der anderen Fahrzeugseite fördern, um Wankmomenten entgegenzuwirken.

Eine weitere pneumatische bzw. hydropneumatische Federung ist aus der DE-A 36 39 995 bekannt. Hier lassen sich die Eingangsseite des Verdichters sowie dessen Ausgangsseite über entsprechende Schaltventile mit den pneumatischen Federspeichern sämtlicher Abstützaggregate verbinden, derart, daß sich willkürlich pneumatisches Medium aus einem Abstützaggregat zu einem anderen Abstützaggregat fördern läßt. Auf diese Weise kann sowohl Nick- als auch Wankmomenten entgegengewirkt werden.

Aus der DE-A 20 48 323 ist ein hydropneumatisches Federungssystem bekannt, bei dem zwischen den Abstützaggregaten einer Achse jeweils ein doppeltwirkendes Kolben-Zylinder-Aggregat angeordnet ist, dessen Kolbenarbeitskammern so mit Kammern der Abstützaggregate hydraulisch verbunden sind, daß aus der Kammer eines Abstützaggregates auf der einen Fahrzeugseite hydraulisches Medium entnommen und gleichzeitig einer entsprechenden Kammer des Abstützaggregates auf der anderen Fahrzeugseite hydraulisches Medium zugeführt werden kann. Auf diese Weise kann Wankmomenten entgegengewirkt werden.

Die DE-B 10 50 669 zeigt eine prinzipiell ähnliche Anordnung, jedoch für pneumatische Federungssysteme. Hier ist also zwischen den pneumatischen Abstützaggregaten einer Fahrzeugachse ein doppeltes Kolben-Zylinder-Aggregat angeordnet, derart, daß aus dem einen Abstützaggregat Pneumatikmedium abgeführt und gleichzeitig Pneumatikmedium in das andere Abstützaggregat eingeführt werden kann, um Wankmomenten entgegenzuwirken.

Die FR-A 991 109 schließlich zeigt ein Federungssystem, bei dem parallel zu herkömmlichen mechanischen Federn, beispielsweise Schraubenfedern, Pneumatik Elemente angeordnet sind, welche sich so mit einer Druckquelle bzw. Unterdruckquelle oder der Atmosphäre verbinden lassen, daß auf einer Seite des Fahrzeuges im Vergleich zur anderen Fahrzeugseite erhöhte Abstützkkräfte wirksam werden, um Wankmomenten entgegenzuarbeiten.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, ein hydropneumatisches Federungssystem zu schaffen, welches sich durch geringen Leistungsbedarf für das Verpumpen von Hydraulikmedium sowie durch besonders hohen Federungskomfort - auch bei Einwirkung starker Nick- oder Wankmomente auf den

Fahrzeugaufbau -auszeichnet; gleichzeitig sollen gute Notlaufeigenschaften bei einer Störung der Steuerung dieses Federungssystems gewährleistet sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß parallel zur Niveauregulierung zwischen den Abstützaggregaten ein aktives, von einem Rechner gesteuertes Bypaß- und Fördersystem mit aktivem Förderaggregat angeordnet ist, welches in Abhängigkeit von der Hubstellung der Räder und/oder in Abhängigkeit von auf das Fahrzeug einwirkenden Nick- bzw. Wankmomenten Hydraulikmedium direkt - unter Umgehung des Reservoirs sowie der Druckquelle - zwischen einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse und/oder der Fahrzeugquerachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten zu verschieben gestattet, daß das Bypaß- und Fördersystem schnellwirkend und die Niveauregulierung im Vergleich dazu träge arbeitet, und daß der Antriebsmotor für das aktive Förderaggregat des Bypaß- und Fördersystems in jeder beliebigen Lage abgeschaltet werden und ohne Energiezufuhr bleiben kann, wobei gleichzeitig das Hydraulikmedium auch bei großen vorhandenen Druckdifferenzen während dieses abgeschalteten Zustandes im Bypaß- und Fördersystem nicht verlagert werden kann.

Bei der Erfindung wird also unmittelbar zwischen den Abstützaggregaten verschiedener Fahrzeugseiten bzw. den vorderen und hinteren Abstützaggregaten Hydraulikmedium verschoben, um eine Fahrzeugseite bei gleichzeitiger Absenkung der anderen Fahrzeugseite anzuheben bzw. das Fahrzeugvorderteil in entsprechender Weise gegenläufig zum Fahrzeugheck zu bewegen. Dadurch kann Wank- und Nickmomenten entgegengewirkt werden. Da erfindungsgemäß zu diesem Zweck eine Verschiebung vom Hydraulikmedium unter Umgehung des Reservoirs bzw. der Druckquelle vorgesehen ist, ist der notwendige Leistungsbedarf gering, denn es muß jeweils lediglich die Differenz der hydraulischen Drücke in verschiedenen Abstützaggregaten überwunden werden, nicht jedoch die wesentlich größere Druckdifferenz zwischen Reservoir und Abstützaggregaten.

Darüber hinaus kann ein besonders hoher Komfort gewährleistet werden, weil die Verschiebung des Hydraulikmediums zwischen den Abstützaggregaten nur einen geringen Einfluß auf die Federkennung hat.

Besonders vorteilhaft ist, daß bei der Erfindung die Niveauregulierung träge, d.h. mit geringer Leistung arbeiten kann, weil dieses System zum Ausgleich von Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges nicht benötigt wird. Im wesentlichen muß dieses System lediglich in der Lage sein, beim Start des Fahrzeuges in angemessener Zeit das jeweils gewünschte bzw. vorgegebene Niveau ein-

zustellen. Dazu genügt jedoch eine sehr geringe Leistung, zumal sich das jeweilig eingestellte Niveau beim Stillstand des Fahrzeuges nur wenig ändert, wenn ein Abfluß von Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten in das Reservoir, beispielsweise durch entsprechende Absperrventile, verhindert werden kann.

Außerdem ist vorteilhaft, daß das Bypaß- und Fördersystem bei stillgesetztem Antriebsmotor seines Förderaggregates ohne Leistungszufuhr einen blockierten Zustand einnimmt. Solange also weder Wank- noch Nickmomente auftreten, wird für das Bypaß- und Fördersystem keinerlei Leistung benötigt.

Gleichzeitig ist auf diese Weise ein gutes Notlaufverhalten des Fahrzeuges bei einer Störung des Bypaß- und Fördersystems gewährleistet. In diesem Falle wird das Bypaß- und Fördersystem einfach stillgesetzt. Damit kann zwar das erfindungsgemäße Federungssystem Wank- und Nickmomenten im wesentlichen nur noch passiv - d.h. ohne aktive Unterstützung durch das Bypaß- und Fördersystem - entgegenwirken, jedoch bleibt das Fahrzeug bei gutem Fahrkomfort einsatzbereit.

Gemäß einer ersten vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann das Bypaß- und Fördersystem im wesentlichen aus einem zwischen den Abstützaggregaten angeordneten Leitungsnetz mit einer motorisch angetriebenen Pumpe sowie am Leitungsnetz angeordneten Absperrventilen bestehen, welche jeweils ein Abstützaggregat bzw. eine Gruppe der Abstützaggregate mit der Eingangsseite der Pumpe und ein anderes Abstützaggregat bzw. eine andere Gruppe der Abstützaggregate mit der Ausgangsseite der Pumpe zu verbinden bzw. die Abstützaggregate oder deren Gruppen voneinander abzutrennen gestatten. Bei dieser Anordnung genügt also für das Bypaß- und Fördersystem eine einzige zentrale Pumpe. Durch entsprechende Steuerung der Ventile kann dann eine Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen ausgewählten Abstützaggregaten erreicht werden. Durch eine Art von Multiplexbetrieb kann dabei auch erreicht werden, daß eine praktisch simultane Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen einer Vielzahl von Abstützaggregaten in steuerbarer Weise erfolgt.

Bei einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind zwischen einander bezüglich der Fahrzeugquerachse und/oder der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten Verdränger- bzw. Kolben-Zylinder-Aggregate mit zwei Kammern angeordnet, deren Gesamtvolumen unabhängig vom Verdränger- bzw. Kolbenhub konstant bleibt, so daß das auf der einen Seite aus einem Abstützaggregat bzw. einer Gruppe der Abstützaggregate abgeführte Hydraulikmedium in gleicher Menge einem anderen Abstützaggregat bzw. einer anderen Gruppe der Abstützaggregate

zugeführt werden kann.

Unabhängig von der Ausbildung des Bypaß- und Fördersystems kann es zweckmäßig sein, die hydropneumatischen Abstützaggregate parallel zu mechanischen Federaggregaten, beispielsweise herkömmlichen Schraubenfedern, anzuordnen, so daß die Räder gegenüber dem Aufbau jeweils hydropneumatisch und mechanisch abgestützt werden. Auf diese Weise kann ein nahezu belastungsunabhängiges Federungsverhalten des Fahrzeuges ohne belastungsabhängige Veränderung der Resonanzfrequenzen für Hubbewegungen des Aufbaues (Aufbauresonanz) bzw. Hubschwingungen der Räder (Radresonanz) gewährleistet werden.

Im übrigen wird hinsichtlich bevorzugter Merkmale der Erfindung auf die Ansprüche sowie die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsformen anhand der Zeichnung verwiesen.

Dabei zeigt

Fig. 1 eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Federungssystems, wobei das Bypaß- und Fördersystem durch ein Leitungsnetz mit einer Vielzahl von Absperrventilen und einer einzigen zentralen Pumpe gebildet wird, Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der Erfindung, bei der das Bypaß- und Fördersystem unter Verwendung doppeltwirkender, ein Zweikreisssystem bildender Kolben-Zylinder-Aggregate aufgebaut ist, die jeweils zwischen den Abstützaggregaten verschiedener Fahrzeugseiten bzw. verschiedener Achsen angeordnet sind und Fig. 3 eine weitere Ausführungsform mit doppeltwirkenden Kolben-Zylinder-Aggregaten mit besonders einfachem Aufbau.

Bei allen in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen ist jedem Rad R des Fahrzeuges ein hydropneumatisches Abstützaggregat A zugeordnet, welches in an sich bekannter Weise im wesentlichen aus einem Kolben-Zylinder-Aggregat mit einem Zylinder Z sowie einem Kolben K mit einseitig angeordneter Kolbenstange S und den Kolben K axial durchsetzenden Bohrungen B sowie einen mit dem Zylinder Z verbundenen Federspeicher F besteht. Die Zylinder Z sind jeweils auf beiden Seiten des zugehörigen Kolbens K mit Hydraulikmedium gefüllt, ebenso wie der mit dem jeweiligen Zylinder Z kommunizierende Bereich des jeweiligen Federspeichers F. Innerhalb des Federspeichers F ist darüber hinaus ein Druckgaspolster D angeordnet, welches vom Hydraulikmedium durch eine elastische Membrane od.dgl. abgetrennt ist. Bei Ein- und Ausfederbewegungen der Räder R wird der jeweilige Kolben K im zugeordneten Zylinder Z verschoben. Bei einer Verschiebung in Einfederrichtung wird dabei Hydraulikmedium aus der in den Fig. 1 bis 3 jeweils oberhalb des Kolbens K liegenden Kammer des Zylinders Z durch die kolbenseitigen Bohrungen B hindurch in die andere

Kammer des Kolben-Zylinder-Aggregates sowie teilweise auch in den jeweiligen Federspeicher F verdrängt, so daß das jeweilige Druckgaspolster komprimiert wird. Bei einer Verschiebung des Kolbens K in Ausfederrichtung wird jeweils Hydraulikmedium aus der kolbenstangenseitigen Kammer des jeweiligen Kolben-Zylinder-Aggregates in die jeweils oberhalb des Kolbens K liegende Kammer verdrängt, gleichzeitig strömt Hydraulikmedium aus dem jeweiligen Federspeicher F in diese letztgenannte Kammer, wobei das Druckgaspolster D des jeweiligen Federspeichers entsprechend expandiert.

Die jeweilige statische Abstützkraft der Abstützaggregate A wird durch den Druck des hydraulischen Mediums im Kolben-Zylinder-Aggregat sowie im damit verbundenen Federspeicher F und den Querschnitt der Kolbenstange S bzw. die Flächendifferenz zwischen der oberen und unteren Wirkfläche des jeweiligen Kolbens K bestimmt.

Die mittlere Höhenlage der Räder R relativ zum nicht dargestellten Aufbau des Fahrzeuges wird durch die Menge des Hydraulikmediums in den Abstützaggregaten A bestimmt.

Um die Menge des Hydraulikmediums in den Abstützaggregaten A für eine Niveauregulierung des Fahrzeuges verändern zu können, können die Abstützaggregate A über Niveausteuerventile N nach außen abgesperrt bzw. entweder mit einem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V Fluidmedium oder mit der Druckseite einer Pumpe P verbunden werden, mit der dann dem jeweiligen Abstützaggregat A Hydraulikmedium aus dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V zugeführt wird. Um dabei Druckstöße zu vermeiden, ist an der Druckleitung der Pumpe P ein zusätzlicher Federspeicher  $F_p$  angeordnet.

Den Abstützaggregaten A der Vorderräder (welche in den Fig. 1 bis 3 jeweils im oberen Teil abgebildet sind) kann jeweils ein separates Niveausteuerventil N zugeordnet werden, das in Abhängigkeit von der Hubstellung  $x_{vr}$  bzw.  $x_{vl}$  des jeweiligen Rades betätigt wird. In einem relativ breiten Mittelbereich der genannten Hubstellungen sind dabei die Niveausteuerventile N der Abstützaggregate A der Vorderräder geschlossen. Bei starker Verschiebung der Räder R bzw. Kolben K in Ausfederrichtung wird das jeweilige Abstützaggregat A mit dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V verbunden, um Hydraulikmedium aus dem jeweiligen Abstützaggregat A abzuleiten und damit das jeweilige Rad R in Einfederrichtung zu bewegen. Verschieben sich die Räder R bzw. die jeweiligen Kolben K stark in Einfederrichtung, so stellen die Niveausteuerventile N eine Verbindung zwischen der Druckseite der Pumpe P und dem jeweiligen Abstützaggregat A her, um in das jeweilige Abstützaggregat A zusätzliches Hydraulikmedium einzuleiten und

das jeweilige Rad R in Ausfederrichtung zu bewegen.

Den Fahrzeughinterrädern (in den Fig. 1 bis 3 jeweils im unteren Teil abgebildet) ist ein gemeinsames Niveausteuerventil N zugeordnet, welches in Abhängigkeit vom arithmetischen Mittelwert der Hubstellungen  $x_{hl}$  und  $x_{hr}$  der hinteren Räder R gesteuert wird. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß das Fahrzeug immer eine statisch eindeutige Dreipunktabstützung erhält.

Bei Verwendung eines ausreichend stark wirkenden Stabilisators für die Aufnahme der Wankmomente bei Kurvenfahrt oder unsymmetrischer Fahrzeugbeladung, kann auch an der Vorderachse ein gemeinsam beide Abstützaggregate A steuerndes Niveausteuerventil N vorgesehen werden, wodurch das Fahrzeug eine "Zweipunktabstützung mit mechanischer Wankfeder" erhält.

Um die Steuerung des den hinteren Rädern R zugeordneten Niveausteuerventiles N in Abhängigkeit vom Mittelwert der Hubstellungen  $x_{hr}$  und  $x_{hl}$  zu ermöglichen, sind beispielsweise die Enden eines Joches J mit den Radaufhängungen der hinteren Räder R gekoppelt, so daß das eine Ende des Joches eine den Federungshüben des einen Hinterrades und das andere Ende des Joches J eine den Federungshüben des anderen Hinterrades entsprechende translatorische Bewegung ausführt. Wenn nun ein Punkt des Joches J in der Mitte zwischen den Enden des Joches J mit einem Stellorgan des hinteren Niveausteuerventiles N antriebsverbunden ist, wird dieses Ventil N in Abhängigkeit von dem gewünschten Mittelwert gesteuert.

Eine andere Art der Mittelwertbildung der Hubstellungen  $x_{hr}$  und  $x_{hl}$  der Hinterräder ist dadurch möglich, daß der Abgriff für das Steuern des gemeinsamen Niveausteuerventils N in der Mitte eines nicht dargestellten Drehstabstabilisators erfolgt.

In der die Abstützaggregate A der hinteren Räder R verbindenden Leitung können beidseitig des Niveausteuerventiles N der Hinterräder Drosseln T angeordnet sein, um eine ungedämpfte und schnelle Strömung von Hydraulikmedium vom einen zum anderen Abstützaggregat A und damit eine unerwünscht starke Rückwirkung der Federungshübe des einen Hinterrades auf die Federungsbewegungen des anderen Hinterrades zu vermeiden.

Die oben beschriebene Ausbildung des hydropneumatischen Federungssystems ist bei den in den Fig. 1 bis 3 dargestellten Ausführungsformen in prinzipiell gleicher Weise vorgesehen und - an sich - bekannt. Insofern unterscheidet sich die Erfindung also nicht von herkömmlichen hydropneumatischen Federungssystemen.

Die Besonderheit der Erfindung liegt vor allem in der Art und Weise, wie Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeugaufbaus entgegengewirkt

wird.

Grundsätzlich ist es zwar möglich, dazu die oben beschriebenen Elemente des hydropneumatischen Federungssystems einzusetzen. Jedoch wird dann für die Pumpe P eine hohe Leistung benötigt, weil Nick- und Wankbewegungen des Aufbaus - ohne zusätzliche andere Maßnahmen - nur dann entgegengewirkt werden kann, wenn mit der Pumpe P kurzzeitig relativ große Mengen des Hydraulikmediums aus dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V zu jeweils in Einfederrichtung stark beanspruchten Abstützaggregaten A gefördert werden kann. Dabei muß immer mindestens die volle Druckdifferenz zwischen dem Hydraulikdruck in den Abstützaggregaten A und dem praktisch verschwindenden Hydraulikdruck in dem Reservoir bzw. Vorratsbehälter V überwunden werden.

Erfindungsgemäß ist deshalb vorgesehen, die oben beschriebenen Systemkomponenten lediglich zur Einstellung der mittleren Höhenlage des Fahrzeugaufbaus relativ zur Fahrbahn einzusetzen. Für diesen Zweck reicht eine Pumpe P mit geringer Leistung, weil die mittlere Höhenlage des Fahrzeuges praktisch nur beim Start eingestellt werden muß und danach unverändert bleibt bzw. keine schnelle Änderung erfordert.

Um Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges schnell und wirksam entgegenwirken zu können, ist zwischen den Abstützaggregaten A ein gesondertes, aktives Bypaß- und Fördersystem angeordnet.

Dieses besteht bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform im wesentlichen aus einem Leitungsnetzwerk mit den zu den einzelnen Abstützaggregaten A führenden Leitungen 1 bis 4, die über Leitungen 1', 1'' bis 4', 4'' mit eingangsseitig einer motorisch angetriebenen Pumpe 5 angeordneten Absperrventilen 1e bis 4e bzw. ausgangssseitig der Pumpe 5 angeordneten Absperrventilen 1a bis 4a verbunden sind.

Solange keinerlei Wank- bzw. Nickbewegungen des Fahrzeuges auftreten, bleiben die genannten Ventile 1a bis 4e geschlossen. Die Pumpe 5 steht in diesem Fall still.

Falls nun Nickbewegungen des Fahrzeuges auftreten, kann denselben entgegengewirkt werden, indem die Pumpe 5 je nach Richtung der Nickbewegung entweder Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten A der Hinterräder über die Leitungen 3 bzw. 4 abführt und den Abstützaggregaten A der Vorderräder über die Leitungen 1 bzw. 2 zuführt oder in umgekehrter Richtung wirksam wird. Wenn beispielsweise aus dem Abstützaggregat A des rechten Hinterrades Hydraulikmedium abgeführt und gleichzeitig dem Abstützaggregat A des rechten Vorderrades Hydraulikmedium zugeführt werden soll, werden die Ventile 4e und 1a geöffnet, so daß die genannten Abstützaggregate über die

Pumpe 5 miteinander verbunden werden und Hydraulikmedium in der angegebenen Weise zwischen den Abstützaggregaten A der rechten Fahrzeugseite verschoben wird. Dabei bleiben die übrigen Absperrventile jeweils geschlossen.

Vorteilhaft für den Energieverbrauch des aktiven Bypass- und Fördersystems ist es, wenn dessen Antrieb nach Erreichen eines entsprechenden "Endzustandes", d.h. nachdem eine den jeweiligen Fahrzuständen entsprechende Menge Hydraulikmedium umgepumpt worden ist (z.B. bei stationärer Kurvenfahrt), abgeschaltet werden kann und - solange sich der Fahrzustand nicht ändert - in dieser abgeschalteten Stellung verharret, ohne daß das umgepumpte Hydraulikmedium in seine ursprünglich zugehörigen Abstützaggregate rückfließen kann.

Falls Hydraulikmedium aus dem vorderen rechten Abstützaggregat A abgeführt und in das hintere rechte Abstützaggregat A zugeführt werden soll, werden die Ventile 1e und 4a geöffnet, so daß die Pumpe einen Strom des Hydraulikmediums in der gewünschten Weise erzeugen kann.

In grundsätzlich gleicher Weise können die Abstützaggregate A auf der linken Fahrzeugseite miteinander über die Pumpe 5 verbunden werden.

Darüber hinaus kann Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegengewirkt werden, indem Hydraulikmedium aus einem Abstützaggregat A eines Rades auf der einen Fahrzeugseite mittels der Pumpe 5 einem Abstützaggregat A eines Rades auf der anderen Fahrzeugseite zugeführt wird. Beispielsweise kann Hydraulikmedium aus dem rechten vorderen Abstützaggregat A in das linke vordere Abstützaggregat A eingeführt werden, indem die Ventile 1e und 2a geöffnet werden.

Falls die Verschiebung des Hydraulikmediums in umgekehrter Richtung erfolgen soll, werden die Ventile 2e und 1a geöffnet.

Die Pumpe 5 braucht jeweils nur gegen die Differenz der hydraulischen Drücke in verschiedenen Abstützaggregaten A zu arbeiten. Da diese Differenz immer relativ gering bleibt, genügt für die Pumpe 5 eine geringe Leistung.

Um jeweils genau definierte Mengen zwischen den Abstützaggregaten A zu verschieben, werden die Ventile 1a bis 4e vorzugsweise im Multiplexbetrieb gesteuert, derart, daß jeweils nur eines der Ventile 1e bis 4e und eines der Ventile 1a bis 4a gleichzeitig geöffnet sind. Dementsprechend sind jeweils nur zwei Abstützaggregate A über die Pumpe 5 miteinander gekoppelt. Durch schnellen taktweisen Wechsel der jeweils geöffneten Paare der geöffneten Ventile 1a bis 4e besteht dann die Möglichkeit, einander überlagernde Verschiebungen von Hydraulikmedium zwischen beliebigen Aggregaten A simultan durchzuführen. Beispielsweise kann einerseits Hydraulikmedium aus dem rechten

hinteren Abstützaggregat abgeführt und dem rechten vorderen Abstützaggregat zugeleitet und andererseits auch gleichzeitig Hydraulikmedium zwischen den beiden linken Abstützaggregaten in gleicher Richtung verschoben werden. Dazu werden abwechselnd die Ventilpaare 3e, 2a und 4e, 1a in schneller Taktfolge alternierend geöffnet und geschlossen.

Die Steuerung der Ventile 1a bis 4e erfolgt mit der Unterstützung eines nicht dargestellten Rechners, welcher die Signale von den Rädern R zugeordneten Hubstellungsgebern auswertet, um Nick- bzw. Wankbewegungen des Fahrzeuges feststellen zu können. Zusätzlich kann der Rechner auch Signale vom Fahrpedal bzw. Motor des Fahrzeuges sowie vom Bremssystem desselben erhalten, um die beim Bremsen bzw. Beschleunigen des Fahrzeuges auftretende Neigung zu Nickbewegungen bereits vor einer derartigen Bewegung "bemerken" zu können. Damit kann einer zu erwartenden Nickbewegung bereits vorbeugend durch entsprechende Ansteuerung der Ventile 1a bis 4e entgegengewirkt werden.

Darüber hinaus kann der Rechner mit einem Lenkwinkelgeber sowie einem Geschwindigkeitsmesser des Fahrzeuges verbunden sein, um bereits bei Beginn einer Kurvenfahrt bzw. bei Beginn einer Lenkbewegung die jeweils zu erwartende Querschleunigung des Fahrzeuges und damit die Tendenz des Fahrzeuges, eine zur Kurvenaußenseite hin geneigte Lage einzunehmen, feststellen zu können. Damit kann der Rechner die Ventile 1a bis 4e bereits vorbeugend so ansteuern, daß sich das Fahrzeug nicht oder nur wenig zur Kurvenaußenseite neigt. Grundsätzlich ist es auch möglich, eine Neigung des Fahrzeuges zur Kurveninnenseite hin zu erzwingen, indem von den kurveninneren Abstützaggregaten A entsprechend viel Hydraulikmedium abgeführt und den kurvenaußeren Abstützaggregaten A zugeführt wird.

Ein besonderer Vorzug des Bypass- und Fördersystems liegt darin, daß bei der Aussteuerung von Nick- und Wankbewegungen des Fahrzeuges die Abstimmung des Federungssystems praktisch unverändert bleibt.

Bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind die Abstützaggregate A über die Leitungen 1' bis 4' mit einem motorisch angetriebenen Kolben-Zylinder-Aggregat 6 und über die Leitungen 1'' bis 4'' mit einem motorisch angetriebenen Kolben-Zylinder-Aggregat 7 verbunden.

Jedes der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 besitzt vier Kammern 61 bis 64 bzw. 71 bis 74, wobei im Falle des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 in Mittelage des Kolbens zumindest die Kammern 61 und 62 einerseits sowie die Kammern 63 und 64 andererseits gleiche Größe haben (in der Regel sind alle Kammern 61 bis 64 gleich groß), während

beim Kolben-Zylinder-Aggregat 74 alle Kammern 71 bis 74 in Mittellage des Kolbens gleich groß sind. Im übrigen sind die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 so ausgelegt, daß das Gesamtvolumen der Kammern bei Verschiebung der Kolben konstant bleibt.

Die Kammern der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 sind jeweils mit einem der Abstützaggregate A verbunden, und zwar derart, daß bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 jeweils Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregaten auf der rechten Fahrzeugseite und den Abstützaggregaten auf der linken Fahrzeugseite verschoben wird. Beispielsweise wird bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 6 nach links einerseits Hydraulikmedium aus dem vorderen rechten Abstützaggregat über die Leitung 1' abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium über die Leitung 2' in das linke vordere Abstützaggregat eingeführt. Andererseits erfolgt simultan eine entsprechende Verschiebung des Hydraulikmediums über die Leitungen 4' und 3' bei den Abstützaggregaten der Hinterräder.

Auf diese Weise läßt sich die Seitenneigung des Fahrzeuges verändern bzw. einer Wankbewegung entgegenwirken.

Die Kammern 71 bis 74 des Kolben-Zylinder-Aggregates 7 sind mit den Leitungen 1'' bis 4'' verbunden, und zwar derart, daß eine Verschiebung des Hydraulikmediums zwischen den Abstützaggregaten der Vorderräder und denjenigen der Hinterräder ermöglicht wird. Beispielsweise wird bei einer Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 7 in Fig. 2 nach oben Hydraulikmedium aus den hinteren Abstützaggregaten über die Leitungen 3'' und 4'' abgeführt und gleichzeitig den vorderen Abstützaggregaten über die Leitungen 1'' und 2'' Hydraulikmedium zugeführt. Auf diese Weise kann einer Nickbewegung des Fahrzeuges entgegengewirkt werden.

Abweichend von der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform, bei der die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 und 7 jeweils vier Kammern besitzen, können auch jeweils Kolben-Zylinder-Aggregate mit zwei Kammern paarweise angeordnet sein und parallel betätigt werden. An der dargestellten Funktion ändert sich damit nichts.

Darüber hinaus könnten auch hydrostatische Pumpen mit rotierendem Verdrängungsmechanismus nach der Art von Zahnrad- oder Flügelzellenpumpen anstelle der in Fig. 2 dargestellten Kolben-Zylinder-Aggregate vorgesehen werden. Damit auch in diesem Falle mehrere Hydraulikkreise vorhanden sind, um auftretende Wankmomente an beiden Fahrzeugachsen durch Umpumpen von Hydraulikmedium entsprechend anteilig abzustützen, können zwei hydrostatische Pumpen mechanisch gekoppelt werden, welche gleiche Förderleistung

aufweisen, falls die Wankmomente etwa hälftig von Vorder- und Hinterachse aufgenommen werden sollen.

Bei der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform der Erfindung sind drei Kolben-Zylinder-Aggregate 8 bis 10 mit jeweils zwei Kammern 81, 82 bzw. 91, 92 bzw. 101, 102 angeordnet. Dabei sind die Kammern 81 und 91 der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 über die Leitungen 1 und 2 mit den vorderen Abstützaggregaten A verbunden. Die hinteren Abstützaggregate A sind über die Leitungen 3' und 4' einerseits mit den Kammern 82 und 92 der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 und andererseits über die Leitungen 3'' und 4'' mit den Kammern 101 und 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 verbunden. In Mittellage der Kolben besitzen die Kammern 81, 82, 91 und 92 gleiche Größe. Die Kammern 101 und 102 sind in Mittellage des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 untereinander gleich groß und etwa doppelt so groß wie die Kammern der beiden übrigen Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 in Mittellage der jeweiligen Kolben.

Wenn der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 stillgehalten wird und die Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 simultan in Fig. 3 nach oben oder unten verschoben werden, so wird Hydraulikmedium zwischen den vorderen und hinteren Abstützaggregaten verschoben. Bei einer Verschiebung der Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 nach oben wird beispielsweise Hydraulikmedium aus den hinteren Abstützaggregaten über die Leitungen 3' und 4' abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium den vorderen Abstützaggregaten über die Leitungen 1 und 2 zugeführt. Auf diese Weise kann Nickbewegungen des Fahrzeuges entgegengewirkt werden.

Um die Seitenneigung des Fahrzeuges zu verändern bzw. um Wankbewegungen des Fahrzeuges entgegenzuwirken, kann Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregaten verschiedener Fahrzeugseiten verschoben werden, indem der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 beispielsweise nach unten, der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach rechts und der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 nach oben (oder in der jeweils umgekehrten Richtung) verschoben wird. Da die Kapazität des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 etwa doppelt so groß wie diejenige des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 bzw. 9 ist, kann die Kammer 101 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 bei der angegebenen Verschieberichtung neben dem aus der Kammer 82 des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 verdrängten Hydraulikmedium auch eine entsprechende Menge des Hydraulikmediums aus dem Abstützaggregat des linken Hinterrades (in Fig. 3 links unten) aufnehmen. In entsprechender Weise kann aus der Kammer 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 verdrängtes Hydraulikmedium etwa



zur einen Hälfte in das Abstützaggregat des rechten Hinterrades (in Fig. 3 rechts unten) eingeführt und etwa zur anderen Hälfte von der Kammer 92 des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 aufgenommen werden. Dabei wird gleichzeitig aus der Kammer 91 des Kolben-Zylinder-Aggregates Hydraulikmedium verdrängt und über die Leitung 1 dem Abstützaggregat des rechten Vorderrades zugeführt.

Auch wenn es in der Regel nicht notwendig ist, gibt das in Fig. 3 dargestellte System die Möglichkeit, Hydraulikmedium ausschließlich zwischen den Abstützaggregaten der Vorderräder oder den Abstützaggregaten der Hinterräder zu verschieben.

Zur Verschiebung von Hydraulikmedium zwischen den Abstützaggregaten der Hinterräder genügt es, die Kolben der Kolben-Zylinder-Aggregate 8 und 9 stillzusetzen und den Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 zu verschieben. Bei Verschiebung des Kolbens des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach rechts wird dabei Hydraulikmedium über die Leitung 3' aus dem Abstützaggregat des linken Hinterrades abgeführt und gleichzeitig über die Leitung 4' Hydraulikmedium in das Abstützaggregat des rechten Hinterrades eingeleitet.

Wenn nun beispielsweise Hydraulikmedium aus dem Abstützaggregat des rechten Vorderrades über die Leitung 1 abgeführt und gleichzeitig Hydraulikmedium in das Abstützaggregat des linken Vorderrades eingeführt werden soll, werden der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 in Fig. 3 nach unten, der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 nach links und der Kolben des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 nach oben verschoben, und zwar derart, daß die Volumensverkleinerung der Kammer 92 des Kolben-Zylinder-Aggregates 9 der Volumensvergrößerung der Kammer 102 des Kolben-Zylinder-Aggregates 10 und die Volumensverkleinerung der Kammer 101 dieses Kolben-Zylinder-Aggregates 10 der Volumensvergrößerung der Kammer 82 des Kolben-Zylinder-Aggregates 8 entsprechen.

Im Falle einer Störung im Bypass- und Fördersystem, insbesondere bei Störungen des dieses System steuernden Rechners, ist bevorzugt vorgesehen, das Bypass- und Fördersystem unter Blockierung seiner Leitungen stillzusetzen. Danach kann dann weitergefahren werden, wobei sich das Fahrzeug wie ein solches mit herkömmlichem hydropneumatischen Federungssystem verhält.

Bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform werden bei einer derartigen Störung die Pumpe 5 stillgesetzt und alle Ventile 1a bis 4e geschlossen. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn die Ventile 1a bis 4e automatisch, z.B. durch Rückstellfedern, in die Schließlage gebracht werden, sobald die zur Steuerung der Ventile 1a bis 4e dienenden Elektromagnete stromlos geschaltet werden.

Um bei den in den Fig. 2 und 3 dargestellten

Ausführungsformen einen entsprechenden Notbetrieb des Fahrzeuges zu ermöglichen, genügt es, die Kolben-Zylinder-Aggregate 6 bis 10 mit selbsthemmenden Antrieben, z.B. Spindelaggregaten, zu versehen, so daß die Kolben dieser Aggregate bei Abschaltung der Antriebe unbeweglich gehalten werden.

Soweit anstelle der Kolben-Zylinder-Aggregate 6 bis 10 in den Fig. 2 und 3 rotierende Pumpen eingesetzt werden, sind solche Pumpen, z.B. Zahnradpumpen, bevorzugt, die die Verbindung zwischen Eingang und Ausgang der Pumpe ohne zusätzliche Absperrventile zu sperren vermögen, wenn das Förderorgan der Pumpe stillgehalten wird. Werden derartige Pumpen mit selbsthemmenden Antrieben versehen, so genügt es, die Antriebe stillzusetzen bzw. abzuschalten, um die Leitungen des Bypass- und Fördersystems im Falle einer Störung zu blockieren.

Gegebenenfalls können zu diesem Zweck jedoch auch gesonderte Absperrventile angeordnet sein.

Ein besonderer Vorzug der Erfindung liegt darin, daß mit dem Bypass- und Fördersystem auch die Steuertendenz - Untersteuern, Übersteuern oder neutrales Verhalten - des Fahrzeuges beeinflußt bzw. bestimmt werden kann. Beispielsweise kann Wankbewegungen des Fahrzeuges in der Weise entgegengesetzt werden, daß an Vorderachse und Hinterachse unterschiedlich große, der Wankbewegung entgegenwirkende Drehmomente relativ zur Fahrzeuglängsachse erzeugt werden, indem die einerseits zwischen den Abstützaggregaten der Vorderachse und andererseits zwischen den Abstützaggregaten der Hinterachse verschobenen Mengen des Hydraulikmediums entsprechend - gegebenenfalls auch stark unterschiedlich - bemessen sind.

Um beispielsweise bei der Ausführungsform nach Fig. 2 zum Ausgleich von Wankmomenten des Fahrzeuges an Vorder- und Hinterachse deutlich unterschiedliche Gegenmomente erzeugen zu können, können die hydraulisch wirksamen Querschnitte der Kolben in den Kammern 61 sowie 62 einerseits und 63 sowie 64 andererseits deutlich unterschiedlich bemessen sein. In der Regel ist es erwünscht, Wankmomenten verstärkt über die Vorderachse entgegenzuwirken; dementsprechend wird in der Regel der wirksame Kolbenquerschnitt in den Kammern 61 und 62 größer sein als in den Kammern 63 und 64.

## Ansprüche

1. Hydropneumatisches Federungssystem für Kraftfahrzeuge mit den Fahrzeugrädern zugeordneten hydropneumatischen Abstützaggregaten und einer

damit zusammenwirkenden Niveauregulierung mit Niveausteuerventilen, über die die Abstützaggregate in Abhängigkeit von der Hubstellung der Räder zur Aufnahme von Hydraulikmedium mit einer hydraulischen Druckquelle bzw. zur Ableitung von Hydraulikmedium aus den Abstützaggregaten mit einem Reservoir verbindbar sind,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß parallel zur Niveauregulierung (N,V,F<sub>p</sub>,P) zwischen den Abstützaggregaten (A) ein aktives Bypaß- und Fördersystem mit aktivem Förderaggregat (5 bis 10) angeordnet ist, welches in Abhängigkeit von der Hubstellung ( $x_{vr}$ ,  $x_{vl}$ ,  $x_{hr}$ ,  $x_{hl}$ ) der Räder (R) und/oder in Abhängigkeit von auf das Fahrzeug einwirkenden Nick- bzw. Wankmomenten Hydraulikmedium direkt - unter Umgehung des Reservoirs (V) sowie der Druckquelle (P,F<sub>p</sub>) - zwischen einander bezüglich der Fahrzeuglängsachse und/oder der Fahrzeugquerachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten (A) zu verschieben gestattet,

daß das Bypaß- und Fördersystem schnellwirkend und die Niveauregulierung im Vergleich dazu träge arbeitet, und

daß der Antriebsmotor des Förderaggregates (5 bis 10) des Bypaß- und Fördersystems in jeder beliebigen Lage abgeschaltet werden und ohne Energiezufuhr bleiben kann, wobei das Hydraulikmedium auch bei großen vorhandenen Druckdifferenzen während dieses abgeschalteten Zustandes im Bypaß- und Fördersystem nicht verlagert werden kann.

2. Hydropneumatisches Federungssystem nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Bypaß- und Fördersystem im wesentlichen aus einem zwischen den Abstützaggregaten (A) angeordneten Leitungsnetz mit einer motorisch angetriebenen Pumpe (5) sowie am Leitungsnetz angeordneten Absperrventilen (1a,1e bis 4a,4e) besteht, welche jeweils ein Abstützaggregat (A) bzw. eine Gruppe der Abstützaggregate mit der Eingangsseite der Pumpe (5) und ein anderes Abstützaggregat bzw. eine andere Gruppe der Abstützaggregate mit der Ausgangsseite der Pumpe (5) zu verbinden bzw. die Abstützaggregate oder die Gruppen der Abstützaggregate voneinander abzutrennen gestatten.

3. Hydropneumatisches Federungssystem nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß zwischen einander bezüglich der Fahrzeugquerachse und/oder der Fahrzeuglängsachse gegenüberliegenden Abstützaggregaten (A) Verdränger- bzw. Kolben-Zylinder-Aggregate (6,7) mit jeweils mindestens zwei Kammern angeordnet sind, deren Gesamtvolumen unabhängig vom Verdränger- bzw. Kolbenhub konstant bleibt, wobei

jeweils eine der Kammern mit einem Abstützaggregat auf der einen Seite und die andere der Kammern mit einem Abstützaggregat auf der anderen Seite der Fahrzeuglängsachse bzw. der Fahrzeugquerachse verbunden ist.

4. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Bypaß- und Fördersystem mittels Rechners in Abhängigkeit von den Hubstellungen ( $x_{vr}$ ,  $x_{vl}$ ,  $x_{hr}$ ,  $x_{hl}$ ) der Räder (R) und/oder in Abhängigkeit von der Längs- bzw. Querbeschleunigung des Fahrzeuges und/oder in Abhängigkeit vom Lenkwinkel bzw. Lenkwinkeländerungen sowie der Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeuges steuerbar ist.

5. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß parallel zu den hydropneumatischen Abstützaggregaten (A) mechanische Federaggregate angeordnet sind.

6. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die Förderaggregate (6 bis 10) des Bypaß- und Fördersystems selbsthemmende Antriebe besitzen und im Stillstand die mit ihnen verbundenen Leitungen voneinander abgetrennt halten.

7. Hydropneumatisches Federungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Bypaß- und Fördersystem zum Ausgleich bzw. zur Verhinderung von Wankbewegungen des Fahrzeuges zwischen den Abstützaggregaten (A) der Hinterachse derart bemessene Mengen des Hydraulikmediums verschiebt, daß an Vorder- und Hinterachse unterschiedliche, dem Wankmoment des Fahrzeuges entgegenwirkende Momente erzeugt werden und eine gewünschte Steuertendenz (Untersteuern, Übersteuern, neutrales Verhalten) des Fahrzeuges (bei Kurvenfahrt) erreicht wird.

Fig. 1

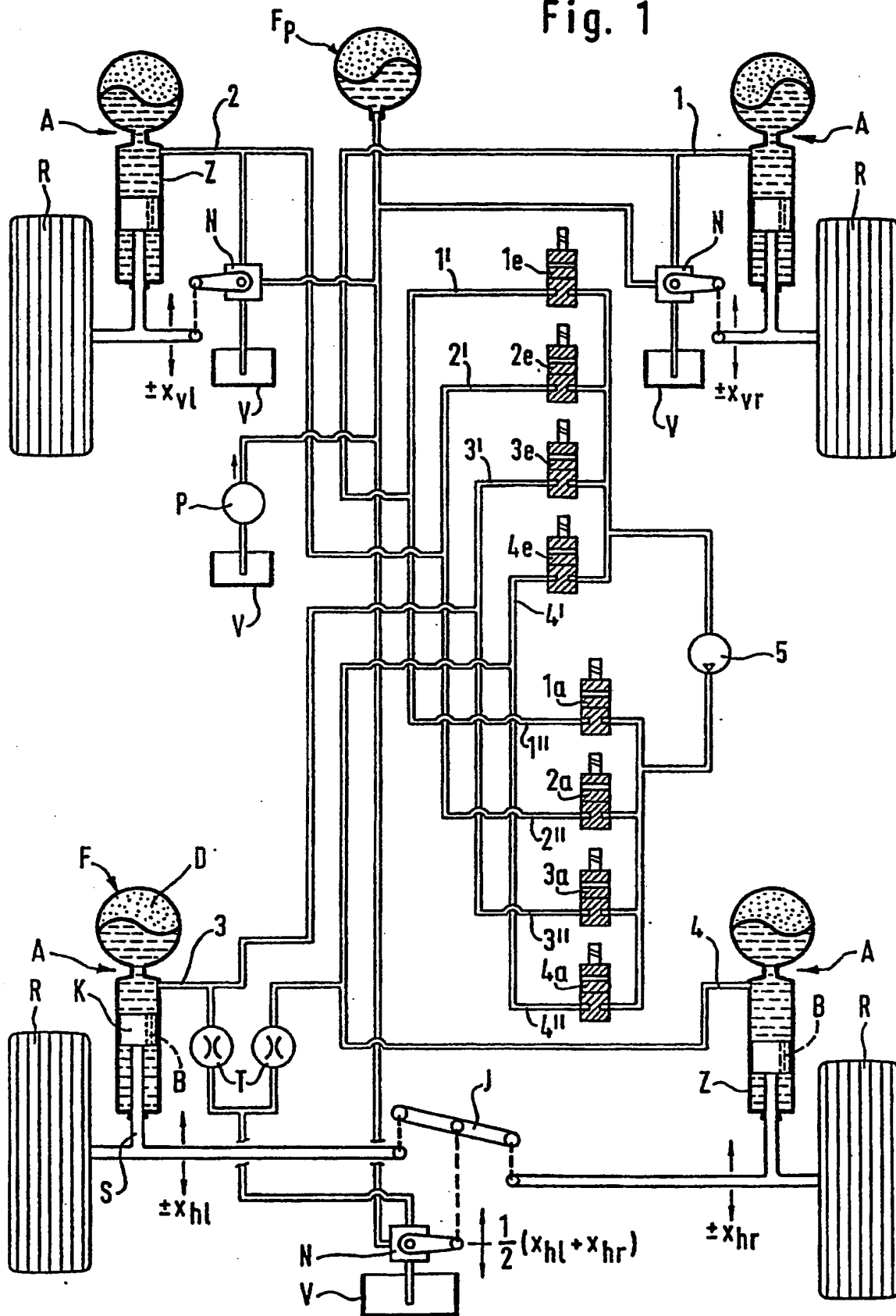
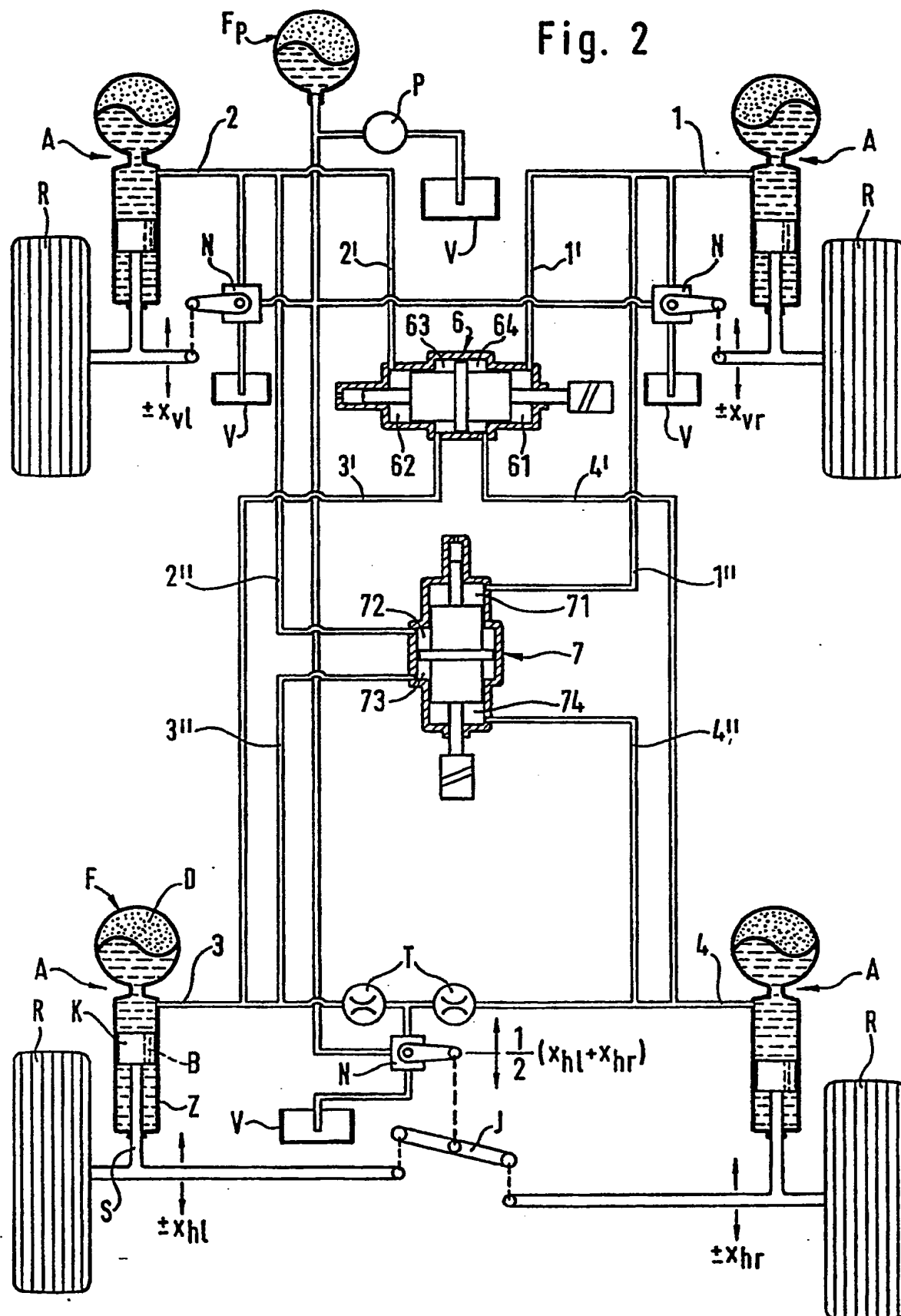


Fig. 2



**Fig. 3**

